

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000176

International filing date: 11 January 2005 (11.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 102004010613.4
Filing date: 02 March 2004 (02.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 08 March 2005 (08.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 010 613.4

Anmeldetag: 02. März 2004

Anmelder/Inhaber: austriamicrosystems AG, Unterpremstätten/AT

Bezeichnung: Magnetfeldsensor und Verfahren zu seinem Betrieb

IPC: G 01 R, G 01 D, G 01 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Remus

Beschreibung

Magnetfeldsensor und Verfahren zu seinem Betrieb

Die Erfindung betrifft einen Magnetfeldsensor mit einer Sensoranordnung, die von einer Versorgungseinrichtung versorgt wird und ein Sensorsignal erzeugt, und mit einer Auswerteeinrichtung, der das Sensorsignal zugeführt wird und die ein Ausgangssignal abgibt. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb des Magnetfeldsensors.

Ein solcher, aus der EP 0525235 B1 bekannter Magnetfeldsensor weist eine Selbstkompensation auf, bei der durch eine thermische und technologische Kopplung eines Hallelementes und seiner Versorgungseinrichtungen individuelle Abgleichmaßnahmen des Magnetfeldsensors unnötig werden. Dazu sind die entsprechenden Elemente in einer integrierten Schaltung gemeinsam ausgeführt.

Ein weiterer Magnetfeldsensor der genannten Art ist aus der DE 4431703 A1 bekannt. Dort wird ein Magnetfeldsensor vorgeschlagen, der neben einer Kompensation des Offsets des Hallelements den Offset der nachgeschalteten Auswerteeinrichtung mitberücksichtigt und somit eine größere Genauigkeit ermöglicht.

Hallelements sind typische Sensorelemente, mit denen ein Magnetfeldsensor aufgebaut werden kann und die meistens in einem Array bzw. einer Hallelementanordnung zusammenwirken. Ein Hallelement gibt im Magnetfeld als Hallsignal ein Spannungssignal ab, wenn es von einem Strom senkrecht zum Magnetfeld durchflossen wird. Das Hallsignal, d.h. die Hallspannung, ist abhängig von dem Produkt aus der vertikalen

Komponente der magnetischen Flussdichte, dem Hallstrom und der Hallkonstanten. Die Hallkonstante, die die Sensitivität des Hallelements angibt, ist materialabhängig.

Im praktischen Betrieb überlagert sich dem Nutzsignal der Hallspannung aus Hallkonstante des Baulements, der vertikalen Komponente der magnetischen Flussdichte und dem Hallstrom eine Rauschspannung, die sich aus Rauschkomponenten des Hallelementes und der nachfolgenden Auswerteeinrichtung zusammensetzt. Derartige Rauschkomponenten können durch eine Temperatur- und Materialabhängigkeit gegeben sein.

Weitere Komponenten des Rauschsignals können aus der konkreten Anwendung entstehen. So gibt die EP 0916074 B1 einen magnetischen Drehsensor an, bei dem ein auf einer Achse montierter Magnet über einem Hallelementarray angeordnet ist. Die Hallelementanordnung selbst besteht aus einer Anzahl von einzelnen Sensorelementen, die in einer bestimmten geometrischen Anordnung zueinander stehen. Die dem Hallelementarray nachgeschaltete Auswerteeinrichtung ermittelt aus dem Hallsignal des Hallelementes den Drehwinkel der Achse. Unterschiedliche Temperaturgänge des Magneten sowie des Hallelementes sowie unterschiedliche Abstände zwischen diesen beiden Elementen beeinflussen insbesondere das Nutzsignal. Dadurch wird der Abstand zwischen Nutzsignal und Rauschsignal verändert.

Wird das Hallsignal für Zwecke einer digitalen Weiterverarbeitung digitalisiert, so kann aufgrund der Änderungen der Nutzsignalamplitude des Hallsignals der Dynamikbereich des Analog-Digital-Wandlers, der die Digitalisierung ausführt, nicht voll ausgeschöpft werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Magnetfeldsensor und ein Verfahren zu seinem Betrieb anzugeben, mit denen sich ein besseres Verhalten des Magnetfeldsensors ergibt.

Diese Aufgabe wird durch einen Magnetsensor und durch ein Verfahren zu seinem Betrieb gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, das Sensorsignal bzw. das Ausgangssignal der Auswerteinrichtung des Magnetfeldsensors aufzubereiten und mit Hilfe einer Rückkopplungseinrichtung ein Steuersignal zu erzeugen, mit dem die Größe des Versorgungsstroms oder der Versorgungsspannung verändert werden kann. Dazu wird bevorzugt die Amplitude des Sensorsignals ermittelt und der Versorgungsstroms oder die Versorgungsspannung der Sensoranordnung in einem geschlossenen Regelkreis so eingestellt, dass die Amplitude des Sensorsignals konstant bleibt.

Es ist besonders vorteilhaft, dass mit einem derartigen Magnetfeldsensor und mit dem Verfahren zu seinem Betrieb ein Ausgangssignal des Magnetfeldsensors erzeugt werden kann, das ein optimiertes Signal-zu-Rausch-Verhältnis aufweist.

Es ist weiterhin vorteilhaft, dass der bei einer digitalen Weiterverarbeitung des Sensorsignals notwendige Analog-Digital-Wandler (ADC) eine geringere Bitbreite aufweisen kann als ohne die Regelung notwendig wäre. Damit kann der ADC einfacher und kostengünstiger aufgebaut sein.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn das Ausgangssignal der Auswerteeinrichtung der Amplitude des Sensorsignals entspricht und diese durch einen Vergleich mit einem Amplitudensollwert ermittelt wird. Der Versorgungsstroms oder die Versorgungsspannung wird dann mit der Verstärkungseinrichtung so eingestellt, dass die Amplitude des Sensorsignals konstant bleibt.

Bei einer Ausführung des Magnetfeldsensors mit Hallelementen werden die einzelnen Elemente der Hallelementanordnung bevorzugt so angeordnet werden, dass sie zwei um 90° phasenverschobene Messsignale erzeugen, insbesondere werden die Hallelemente um 90° gegeneinander versetzt angeordnet. Bei einem Drehwinkelsensor kann dann die Amplitude des Hallsignals in einfacher Weise ermittelt werden. Bei einem sinusförmigen Verlauf der beiden phasenverschobenen Messsignale lässt sich die Amplitude durch eine Quadrierung jedes Messsignals und anschließende Addition der quadrierten Signale erzeugen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Messsignale der Sensoranordnung digitalisiert und in einer Recheneinrichtung weiterverarbeitet werden. Die Recheneinrichtung erzeugt einerseits das gewünschte Ausgangssignal, beispielsweise den Drehwinkel, und andererseits die Amplitudeninformation für das Sensorsignal.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Rückkopplungseinrichtung einen Komparator enthält, der das Amplitudensignal des Magnetfeldsensors mit einem Referenzwert vergleicht, dass dem Komparator ein Zähler nachgeschaltet ist, der abhängig vom Ausgangssignal des Komparators aufwärts oder abwärts zählt

und dass der Wert des Zählers mit einem Digital-Analog-Wandler (DAC) in ein Steuersignal für den Versorgungsstrom oder die Versorgungsspannung umgewandelt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass sich der Versorgungsstrom oder die Versorgungsspannung aus einer Gleichkomponente und einer steuerbaren Komponente, z.B. aus einem Gleichstrom einer Konstantstromquelle und dem Strom einer gesteuerten Stromquelle zusammensetzt, wobei die gesteuerte Komponente von der Rückkopplungs- bzw. Verstärkungseinrichtung gesteuert wird. Auf diese Weise ist die Funktion des Magnetfeldsensors sichergestellt, wenn die gesteuerte Komponente nicht angesteuert wird.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuersignale für den im Rückkopplungszweig vorgesehenen Zähler als Statusinformation verwendet und aufbereitet werden. Auf diese Weise lässt sich der Status der Regeleinrichtung, insbesondere die Erhöhung oder Verminderung der Steuerinformation der gesteuerten Komponente und damit der Amplitude des Sensorsignals oder ein Überlauf des Zählers und damit ein Verlassen des Regelbereichs des Magnetfeldsensors feststellen. Weiterhin kann mit einer derartigen Statusinformation eine dynamische Erkennung einer „Push-Button“-Funktion unabhängig vom Absolutwert verwendet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und dazugehörigen Figuren der Zeichnung näher erläutert. Die Figuren dienen allein der Veranschaulichung der Erfindung und sind daher nur schematisch und nicht maßstabsgetreu ausgeführt. Gleiche oder

gleichwirkende Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigen

Figur 1 einen schematischen Aufbau eines Magnetfeldsensors mit einer Hallelementanordnung,

Figur 2 eine detailliertere schematische Darstellung der Verstärkungseinrichtung und

Figur 3 eine schematische Anordnung eines Drehfeldsensors.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Magnetfeldsensors mit Hallelementanordnung beschrieben. Gemäß Figur 1 ist ein Magnetfeldsensor H, insbesondere eine Hallelementanordnung, vorgesehen, der vorzugsweise aus mehreren Sensorelementen SE besteht. Bevorzugt sind jeweils vier Sensorelemente zu einer Sensoranordnung zusammengefasst.

Die Hallelemente des Sensors H werden einzeln von einer Versorgungseinrichtung versorgt bzw. im Ausführungsbeispiel von einer Stromquelle gespeist, die eine Fixstromquelle FS und eine gesteuerte Stromquelle GS enthält. Die Fixstromquelle FS erzeugt mit einer nicht näher dargestellten Spannungs- und Stromversorgungseinrichtung des Magnetfeldsensors einen fixen Betriebsstrom für die Hallelemente des Magnetfeldsensors H. Die gesteuerte Stromquelle GS erzeugt den von dem Rückkopplungsweig bestimmten gesteuerten Strom. Beide Teilströme bilden den Hallstrom IH.

Die beiden Hall-Sensoranordnungen sind so ausgerichtet, dass die von ihnen erzeugten Messsignale um 90° gegeneinander phasenverschoben sind. Wenn bei einer bevorzugten

Ausführungsform der Magnetfeldsensor ein Drehsensor ist, hat das erste Messsignal sinusförmigen Verlauf, während das zweite Messsignal cosinusförmigen Verlauf hat. Nach einer Vorverstärkung im Vorverstärker V. gelangen beide Messsignale zum Analog-Digital-Wandler ADC. Dieser führt die Analog-Digital-Wandlung durch, beispielsweise mit Hilfe eines Sigma-Delta-Modulators, so dass nach einer gegebenenfalls noch vorgesehenen digitalen Filterung am Ausgang des ADC ein digitalisiertes Sinus- und ein digitalisiertes Cosinus-Signal verfügbar sind. Beide Signale werden anschließend in der Recheneinrichtung R verknüpft und verarbeitet.

Die Recheneinrichtung R führt mit den digitalisierten Signalen einen Algorithmus aus, so dass am Ausgang der Recheneinrichtung das oder die gewünschten Ausgangssignale bereit stehen. Im Beispiel eines Drehfeldsensors steht so der Winkel W zur Verfügung und wird an ein Interface IF eingespeist, das die Signalausgabe an externe Anschlüsse vorsieht oder eine weitere Verarbeitung des digitalen Winkelsignals W durchführt.

Als anderes Ausgangssignal der Recheneinrichtung steht die Istwert-Amplitude AI des Hallsignals aus den beiden Messsignalen zur Verfügung. Die Recheneinrichtung R führt dazu die mathematische Beziehung

$$\sin^2 W + \cos^2 W = 1$$

aus.

Die Recheneinrichtung R ist üblicherweise als digitaler Signalprozessor (DSP) ausgebildet. Im Fall eines Drehfeldsensors wird dieser auch als CORDIC (Cordinate

Rotational Digital Computer) bezeichnet. Ein möglicher Algorithmus ist in der „IEEE Transactions on Circuits and Systems - II: Analog and Digital Signal Processing“, Vol. 48, No. 6, June 2001, PP 548 bis 561 beschrieben.

Selbstverständlich kann ein derartiger CORDIC auch andere Algorithmen ausführen. Ebenso ist bei einer anderen vom Magnetfeldsensor zu erfassenden Messgröße mit dem digitalen Prozessor die Ausführung eines anderen Algorithmus im DSP möglich.

Die Istwert-Amplitude AI des Hallsignals wird nun in einer Rückkopplungsschleife einer Rückkopplungseinrichtung RV zugeführt, die an ihrem Ausgang ein Steuersignal zur Steuerung der gesteuerten Stromquelle GS abgibt. Die Rückkopplungseinrichtung ist in Figur 1 eine Verstärkungseinrichtung und kann auch als AGC (Automatic Gain Control) bezeichnet werden. An einem zweiten Eingang ist der Rückkopplungseinrichtung RV ein Sollsignal AS für die Amplitude des Hallsignals zugeführt.

Gemäß Figur 2, die Einzelheiten des Aufbaus der Rückkopplungs- bzw. Verstärkungseinrichtung RV darstellt, enthält die Verstärkungseinrichtung einen digitalen Komparator K, einen Zähler Z und einen Digital-Analog-Wandler DAC. Dem digitalen Komparator werden der Istwerte der Amplitude AI und die Sollwerte der Amplitude AS des Hallsignals zugeführt. Der Sollwert AS entspricht bevorzugt einer optimalen Amplitude am Eingang des ADC.

Der digitale Komparator K erzeugt aus seinen beiden Eingangssignalen AI und AS ein Ausgangssignal, das einem Zähler Z zugeführt wird. Der Zähler Z ist als Aufwärts-/Abwärts-Zähler ausgebildet. Der Wert des Zählers ergibt sich

beispielsweise durch Zählen einer Taktfrequenz. Im Beispiel der Figur 2 sind zwei Ausgangssignale U und D des Komparators K an gleichnamigen Anschlüssen vorgesehen, von denen Ausgang U aktiviert wird, wenn der Zähler Z aufwärts zählen soll, während der Ausgang D aktiviert wird, wenn der Zähler Z abwärts zählen soll.

Ausgangsseitig wird der Zählerwert dem Digital-/Analog-Wandler DAC zugeführt, der den Zählerwert in ein analoges Signal umsetzt, das wiederum die nicht näher dargestellte gesteuerte Stromquelle GS steuert. Die gesteuerte Stromquelle kann im übrigen in aus dem Stand der Technik bekannter Weise ausgeführt sein.

Der Ausgang des digitalen Komparators K ist parallel zum Zähler separat an den Klemmen U und D herausgeführt. Die Steuersignale U und D für den Zähler Z können als Statusinformation für den Magnetfeldsensor verwendet werden. So wird beispielsweise bei einer Änderung des Abstandes zwischen dem Magneten und dem Hallsensor eine Nachregelung des Hallstroms mit Hilfe des beschriebenen Regelkreises notwendig. Die Regelung des mit der Rückkopplungseinrichtung RV geschlossenen Regelkreises verbessert das Rauschverhalten des Magnetfeldsensors.

Mit Hilfe der als Statusinformation verwendeten Steuersignale für den Zähler kann dieses Nachregeln des Regelkreises angezeigt werden, weil ein Signal U für das Aufwärtszählen und das andere Signal D für das Abwärtszählen kennzeichnend ist. Somit kann auf einfache Weise extern festgestellt werden, ob sich der Abstand zwischen Magnet und Hallelement verändert hat und in welcher Richtung er sich verändert hat. Außerdem ist es möglich durch eine Aktivierung beider Signale

U bzw. D einen Zählerüberlauf über den oberen zulässigen Wert oder nach unten unter den unteren zulässigen Wert anzuzeigen, was einem Verlassen des Regelbereichs der Verstärkungseinrichtung entspricht. Auf diese Weise können Fehler einfach festgestellt werden.

Aufgrund der Steuerung der Amplitude des Hallsignals können die Elemente des Magnetfeldsensors optimal an die gegebenen Einsatzbedingungen angepasst werden. So ist es möglich, die Bitbreite des ADC um ein oder gar zwei Bit gegenüber einer nicht geregelten Ausführungsform zu reduzieren. Dadurch können diese Elemente weniger aufwendig und damit kostengünstiger realisiert werden.

Figur 3 schließlich zeigt zur Veranschaulichung die aus der EP 0916074 B1 bekannte Drehsensoranordnung. Auf einer Drehachse DA ist ein Magnet über einem Hallelement H mit nachfolgender Auswerteschaltung angebracht. Die Erfindung ermöglicht nun eine verbesserte Messung und Auswertung, die gegenüber Abstandsänderungen zwischen Magnet und Hallelementanordnung ein weitgehend unabhängiges Signal-Rausch-Verhältnis hat. Grundsätzlich können auch Signaländerungen, die auf einem aus der Vertikalen verkippten Hallelement-Magnet-Verhältnis oder einer nicht zentrischen Hallelement-Magnet-Beziehung beruhen, zumindest teilweise kompensiert werden und so ein besseres Nutzsignal ermöglichen.

Es ist zu erwähnen, dass die Erfindung nicht auf Hallanordnungen beschränkt ist, sondern dass der Gedanke der geregelten Sensoranordnung auch mit anderen Sensoren realisiert werden kann, die auf anderen physikalischen Prinzipien beruhen.

Patentansprüche

1. Magnetfeldsensor mit einer Sensoranordnung (H), die von einer Versorgungseinrichtung (IH) versorgt wird und ein Sensorsignal erzeugt, mit einer Auswerteeinrichtung (ADC, R), der das Sensorsignal zugeführt wird und die ein erstes Ausgangssignal (AI) abgibt, und mit einer Rückkopplungseinrichtung (RV), der das erste Ausgangssignal zugeführt ist und die die Versorgungseinrichtung steuert.
2. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung eine Hallelementanordnung (H) enthält, die von einem Hallstrom (IH) gespeist wird und als Sensorsignal ein Hallsignal erzeugt, und mit einer als Verstärkungseinrichtung (RV) ausgeführten Rückkopplungseinrichtung, der das erste Ausgangssignal zugeführt ist und die den Hallstrom steuert.
3. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ausgangssignal der Istwert-Amplitude (AI) des Sensorsignals entspricht und die Rückkopplungseinrichtung (RV) mit Hilfe einer vorgegebenen Sollwert-Amplitude (AS) die Versorgungseinrichtung so einstellt, dass die Amplitude des Sensorsignals konstant bleibt.
4. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hallelementanordnung ein magnetisches Drehfeld erfasst und ein zweites Ausgangssignal (W) der Auswerteeinrichtung dem ermittelten Drehwinkel entspricht.

5. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hallsignal der Hallelementanordnung ein erstes Messsignal ($\sin W$) und ein zweites Messsignal ($\cos W$) enthält, das um 90° phasenverschoben gegenüber dem ersten Messsignal ist.
6. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung einen Analog-Digital-Wandler (ADC), der das Sensorsignal digitalisiert, enthält und eine nachgeschaltete Recheneinrichtung (R), die das erste und/oder das zweite Ausgangssignal (AI, W) erzeugt.
7. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkopplungseinrichtung einen Komparator enthält (K), der das erste Ausgangssignal (AI) mit einem Referenzwert (AS) vergleicht, dass dem Komparator ein Zähler (Z) nachgeschaltet ist, dem das Ausgangssignal des Komparators zugeführt ist, und dass dem Zähler ein Digital-Analog-Wandler (DAC) nachgeschaltet ist, der das Ausgangssignal des Zählers in ein Steuersignal für die Versorgungseinrichtung umwandelt.
8. Verfahren zum Betrieb eines Magnetfeldsensors, insbesondere eines Magnetfeldsensors nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem eine Versorgungseinrichtung (IH) ein Sensorelement des Magnetfeldsensors versorgt und das Sensorelement ein Sensorsignal erzeugt, das mit einer Auswerteeinrichtung (ADC, R) zu einem ersten Ausgangssignal (AI) aufbereitet und einer Rückkopplungseinrichtung (RV) zugeführt wird, die ausgangsseitig die Versorgungseinrichtung steuert.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem ersten Ausgangssignal die Istwert-Amplitude (AI) des Sensorsignals abgeleitet wird und die Rückkopplungseinrichtung (RV) mit Hilfe einer vorgegebenen Sollwert-Amplitude (AS) die Versorgungseinrichtung so einstellt, dass die Istwert-Amplitude des Sensorsignals konstant bleibt.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Sensorelement ein magnetisches Drehfeld erfasst wird und mit der Auswerteeinrichtung ein zweites Ausgangssignal (W) erzeugt wird, das dem Drehwinkel entspricht.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein als Hallelementanordnung ausgeführtes Sensorelement so angeordnet ist, dass das Hallsignal ein erstes Messsignal ($\sin W$) und ein zweites Messsignal ($\cos W$) enthält, das um 90° phasenverschoben gegenüber dem ersten Messsignal ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung das Sensorsignal mit einem Analog-Digital-Wandler (ADC) digitalisiert, und eine der Auswerteeinrichtung nachgeschaltete Recheneinrichtung (R) das erste und/oder das zweite Ausgangssignal (AI, W) erzeugt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ausgangssignal (AI) in einem Komparator mit einem Referenzwert (AS) verglichen wird, dass ein dem Komparator nachgeschalteter Zähler (Z) einen Zählwert aus dem Ausgangssignal des Komparators

ableitet und ein Digital-Analog-Wandler (DAC) das Ausgangssignal des Zählers in ein Steuersignal für die Versorgungseinrichtung umwandelt.

Zusammenfassung

Magnetfeldsensor und Verfahren zu seinem Betrieb

Es wird ein Magnetfeldsensor Magnetfeldsensor mit einer Sensoranordnung (H) vorgeschlagen, die von einer Versorgungseinrichtung (IH) versorgt wird und ein Sensorsignal erzeugt, mit einer Auswerteeinrichtung (ADC, R), der das Sensorsignal zugeführt wird und die ein erstes Ausgangssignal (AI) abgibt, und mit einer Rückkopplungseinrichtung (RV), der das erste Ausgangssignal zugeführt ist und die die Versorgungseinrichtung steuert. Die Regelung des mit der Rückkopplungseinrichtung geschlossenen Regelkreises verbessert das Rauschverhalten des Magnetfeldsensors. Das Verfahren beschreibt den Betrieb des Magnetfeldsensors.

Signifikante Figur: 1

Fig. 1

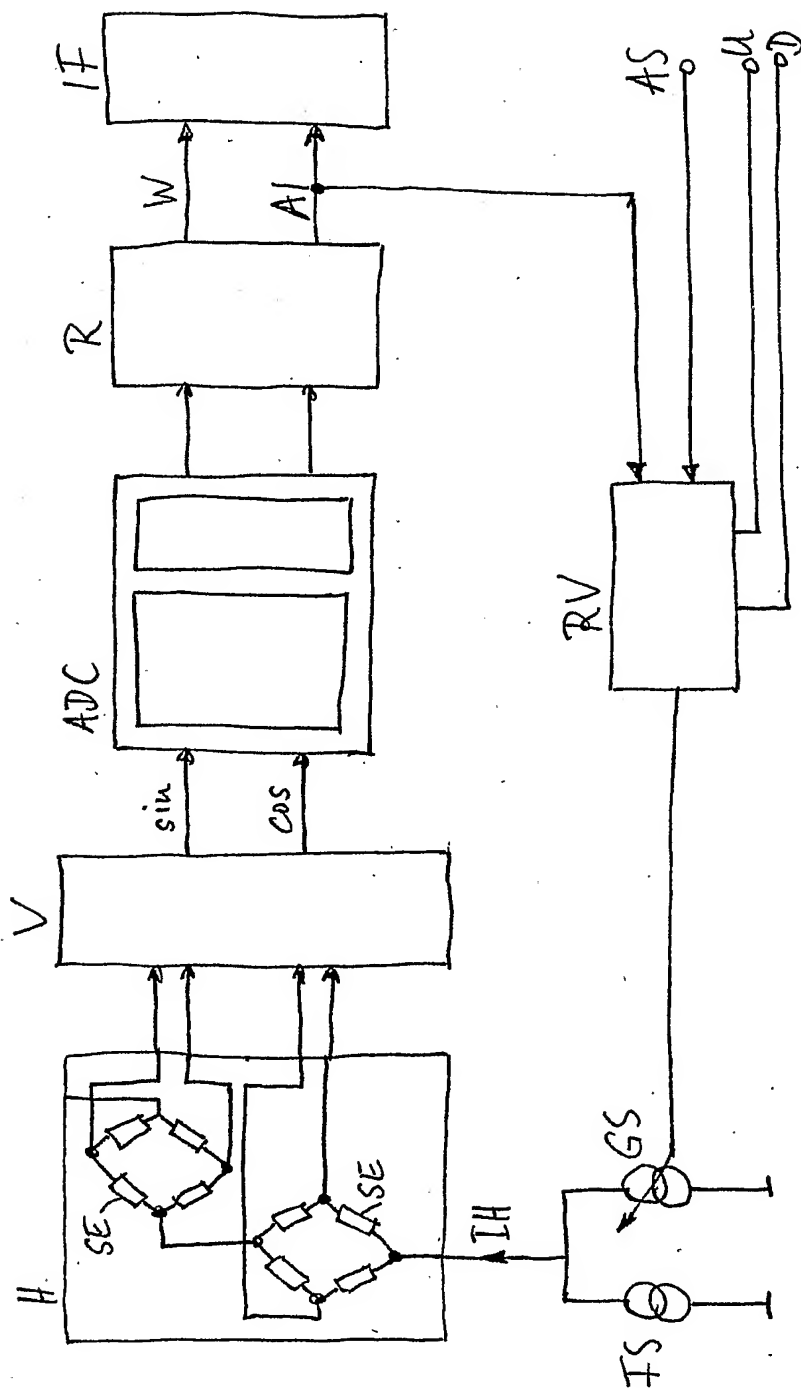


Fig. 2

